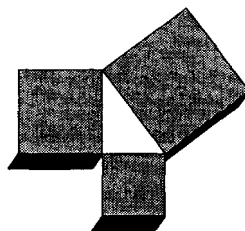


V. Wiskamp

# Anorganische Chemie

Ein praxisbezogenes Lehrbuch

Mit 378 Übungsaufgaben  
mit Lösungen und  
83 Versuchsanleitungen



Verlag Harri Deutsch  
Thun und Frankfurt am Main

# Inhaltsverzeichnis

Teil 1 Allgemeine Chemie		
1	Massenwirkungsgesetz	.1
1.1	Ein Gedankenexperiment	.1
1.2	Ableitung des Massenwirkungsgesetzes	.1
1.3	Gleichgewichtsverschiebungen	.2
1.4	Zusammenfassung	.3
1.5	Übungen	.3
2	<b>Stöchiometrisches Rechnen</b>	.3
2.1	Grundbegriffe	.3
2.2	Reaktionsgleichungen	.7
2.3	Umsatzberechnungen	.9
2.4	Herstellen von und Rechnen mit Lösungen	.10
2.5	Gase und Gasmischungen	.12
2.6	Verteilungsgleichgewichte	.13
2.7	Zusammenfassung	.14
2.8	Übungen	.15
3	<b>Atomaufbau, Periodensystem und chemische Bindung</b>	.16
3.1	Atomaufbau	.16
3.2	Periodensystem der Elemente	.20
3.3	Elektronenkonfiguration und Eigenschaften der Atome	.22
3.4	Chemische Bindung	.24
3.4.1	Ionen-, kovalente und metallische Bindungen	.24
3.4.2	Molekülorbitaltheorie	.27
3.4.3	Hybridisierungen	.29
3.5	Zusammenfassung	.31
3.6	Übungen	.33
Teil 2 Chemie der Nichtmetalle		
4	<b>Wasserstoff</b>	.34
4.1	Technische Synthesen von Wasserstoff	.34
4.2	Sonstige Synthesen von Wasserstoff	.35
4.3	Typen von Wasserstoffverbindungen	.36
4.4	Verwendung von Wasserstoff	.38
4.5	Zusammenfassung	.39
4.6	Übungsaufgaben	.39
5	<b>Sauerstoff</b>	.40
5.1	Gewinnung von Sauerstoff	.40
5.2	Atmung	.41
5.3	Weitere Methoden zur Gewinnung von Sauerstoff	.41

5.4	Reaktionen von Sauerstoff..	41
5.5	Wasserstoffperoxid	44
5.5.1	Synthesen von $H_2O_2$	44
5.5.2	Nachweis von $H_2O_2$	45
5.5.3	Reaktionen von $H_2O_2$	45
5.6	Ozon.	46
5.7	Wasser.	47
5.7.1	Wasserstoffbrückenbindung	47
5.7.2	Dissoziation des Wassers.	48
5.7.3	Wasser als Lösungsmittel.	48
5.8	Zusammenfassung	50
5.9	Übungsaufgaben.	51
6	Halogene	52
6.1	Fluor.	52
6.1.1	Vorkommen und Herstellung von Fluor.	52
6.1.2	Reaktionen von Fluor.	53
6.2	Chlor.	54
6.2.1	Gewinnung von $NaCl$	54
6.2.2	Technische Gewinnung von Chlor.	54
6.2.3	Chemische Methoden zur Chlor-Erzeugung	57
6.2.4	Reaktionen von Chlor.	57
6.3	Brom.	59
6.4	Iod	59
6.4.1	Gewinnung von Iod	59
6.4.2	Eigenschaften von Iod.	60
6.5	Halogenwasserstoffe.	62
6.5.1	Herstellung der Halogenwasserstoffe.	62
6.5.2	Reaktionen der Halogenwasserstoffe.	63
6.6	Halogenide.	64
6.6.1	Synthesen von Halogeniden.	64
6.6.2	Strukturen der Halogenide.	65
6.7	Interhalogene.	67
6.8	Halogensauerstoffsäuren und ihre Salze.	68
6.8.1	Eigenschaften und Strukturen.	68
6.8.2	Synthesen.	70
6.9	Zusammenfassung.	70
6.10	Übungsaufgaben.	71
7	<b>Schwefel</b>	72
7.1	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel.	72
7.2	Schwefelmodifikationen.	73
7.3	Reaktionen des Schwefels.	73
7.4	Schwefelwasserstoff.	74
7.5	Schwefeldioxid	76
7.6	Schwefelsäure.	77
7.7	Peroxo(di)schwefelsäure.	80

7.8	Thiosulfat	.80
7.9	Schwefelhalogenide und-oxohalogenide	.81
7.10	Zusammenfassung	.82
7.11	Übungen	.83
<b>8</b>	<b>Stickstoff</b>	<b>.84</b>
8.1	Vorkommen und Eigenschaften von Stickstoff	.84
8.2	Ammoniak	.85
8.3	Hydrazin, Hydroxylamin und Stickstoffwasserstoffsäure	.88
8.4	Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen	.89
8.5	Stickstoff-Halogen-Verbindungen	.93
8.6	Zusammenfassung	.94
8.7	Übungen	.94
<b>9</b>	<b>Phosphor</b>	<b>.95</b>
9.1	Phosphorgewinnung und -modifikationen	.95
9.2	Phosphorsäure	.97
9.3	Phosphat-Dünger	.97
9.4	Oligo- und Polyphosphorsäuren und ihre Salze	.98
9.5	Phosphorhalogenide	.99
9.6	Zusammenfassung	.101
9.7	Übungen	.101
<b>10</b>	<b>Kohlenstoff</b>	<b>.102</b>
10.1	Sonderstellung des Kohlenstoffs im Periodensystem der Elemente	.102
10.2	Diamant und Graphit	.103
10.2.1	Diamant	.103
10.2.2	Graphit	.103
10.2.3	Vergleich von Diamant und Graphit und deren gegenseitige Umwandelbarkeit	.105
10.3	Kohle, Aktivkohle, Ruß und Pyro-Kohlenstoff	.106
10.4	Die Kohlenstoffoxide CO und CO <sub>2</sub>	.107
10.4.1	Kohlenstoffmonoxid	.108
10.4.2	Kohlenstoffdioxid	.109
10.5	Cyanid, Cyanat und Thiocyanat	.110
10.6	Carbide	.111
10.7	Zusammenfassung	.112
10.8	Übungen	.113
<b>11</b>	<b>Silicium</b>	<b>.114</b>
11.1	Quarz und Kieselsäure	.114
11.2	Gläser	.115
11.3	ZeolithA	.116
11.4	Silicone	.117
11.5	Zusammenfassung	.118
11.6	Übungen	.118

12	<b>Bor</b>	.119
12.1	Borax und Borsäure	.119
12.2	Diboran	.121
12.3	Bornitrid	.122
12.4	Zusammenfassung	.123
12.5	Übungen	.123
Teil 3	<b>Chemie der Metalle</b>	.124
13	<b>Eigenschaften der Metalle</b>	.124
13.1	Wichtige Eigenschaften der Metalle	.124
13.2	Elektronengasmodell	.124
13.3	Bändermodell	.126
13.4	Halbleiter	.127
13.5	Zusammenfassung	.129
13.6	Übungen	.129
14	<b>Legierungen</b>	.130
14.1	Homogene Legierungen	.130
14.2	Heterogene Legierungen	.131
14.3	Intermetallische Phasen	.131
14.4	Anwendungen von Legierungen	.133
14.5	Zusammenfassung	.135
14.6	Übungen	.135
15	<b>Elektrochemie</b>	.136
15.1	Elektrochemische Spannungsreihe	.136
15.2	<i>Nernstsche</i> Gleichung	.142
15.3	Batterien	.142
15.4	Korrosion	.144
15.5	Korrosionsschutz	.145
15.5.1	Passiver Korrosionsschutz	.145
15.5.2	Aktiver Korrosionsschutz	.147
15.6	Zusammenfassung	.148
15.7	Übungen	.149
16	<b>Rohstoffe für die Metallgewinnung</b>	.149
16.1	Vorkommen der Metalle	.149
16.2	Anreicherungsverfahren	.150
16.2.1	Physikalische Trennmethoden	.150
16.2.1.1	Dichtesortierung	.150
16.2.1.2	Magnetische Erzscheidung	.151
16.2.1.3	Elektrostatische Erzscheidung	.151
16.2.1.4	Seigern	.151
16.2.1.5	Flotation	.152
16.2.1.6	Amalgamieren	.153
16.2.1.7	Wasser-Behandlung von Salzsolen	.153
16.2.2	Chemische Trennverfahren	.153

16.2.2.1	Hydroxidlaugung von Aluminium	.153
16.2.2.2	Gewinnung von Magnesiumchlorid aus Meerwasser	.154
16.2.2.3	Säurebehandlung von Kupferkies	.154
16.2.2.4	Cyanidlaugung von Gold und Silber	.154
16.3	Zusammenfassung	.155
16.4	Übungen	.155
<b>17</b>	<b>Metallgewinnung</b>	.155
17.1	Carbothermische Reduktionen	.156
17.1.1	Hochofenprozeß zur Eisengewinnung	.156
17.1.2	Süiciumgewinnung nach dem Elektrolichtbogenverfahren	.158
17.1.3	Bleigewinnung	.158
17.2	Reduktionen von Metalloxiden mit Wasserstoff	.159
17.3	Reduktionen von Metallverbindungen mit unedlen Metallen	.160
17.3.1	Metallothermische Verfahren	.160
17.3.2	Zementation von Kupfer	.160
17.4	Metallgewinnung durch Elektrolyse von Metallverbindungen	.160
17.4.1	Gewinnungselektrolyse von Kupfer	.160
17.4.2	Schmelzflußelektrolysen	.161
17.5	Zusammenfassung	.162
17.6	Übungen	.163
<b>18</b>	<b>Reinigung von Metallen</b>	.163
18.1	Raffination von Roheisen	.163
18.2	Herstellung von hochreinem Süicium	.164
18.3	Gewinnung von reinem Blei	.166
18.4	Reinigung von Titan durch chemischen Transport	.166
18.5	Reinigung von Nickel über das Metallcarbonyl	.167
18.6	Elektrolytische Raffination von Kupfer	.167
18.7	Zusammenfassung	.168
18.8	Übungen	.169
<b>19</b>	<b>Komplexe</b>	.169
19.1	Koordinationspolyeder	.169
19.2	Chelatkomplexe	.170
19.3	Isomerie bei Komplexen	.173
19.4	18-Elektronen-Regel	.174
19.5	Kristallfeldtheorie	.175
19.6	Zusammenfassung	.180
19.7	Übungen	.180
<b>20</b>	<b>Soda und Kalk</b>	.182
20.1	Soda->Sb/vqy- Verfahren	.182
20.2	Kalk	.183
20.2.1	Kalkbrennen,-löschen,-milch	.183
20.2.2	Wasserhärte	.184
20.3	Zusammenfassung	.185
20.4	Übungen	.185

Teil 4	Anorganische Stoffchemie aus dem Blickwinkel der Toxikologie und analytischen Chemie.	.186
<b>21</b>	<b>Toxische und ökotoxische Wirkungen ausgewählter anorganischer Stoffe.</b>	.186
21.1	Atemgifte.	.186
21.2	Methämoglobinbildner.	.187
21.3	Reizstoffe.	.188
21.4	Flußsäure und Schwefelwasserstoff.	.189
21.5	Schwermetalle.	.189
21.5.1	Prinzip der giftigen Wirkung und Chelatkomplex-Therapie	.189
21.5.2	Blei	.191
21.5.3	Quecksilber.	.191
21.5.4	Arsen.	.192
21.5.5	Cadmium.	.192
21.5.6	Thallium.	.192
21.6	Saurer Regen.	.193
21.7	Treibhauseffekt	.194
21.8	Ozonloch.	.194
21.9	Smog.	.195
21.10	Zusammenfassung.	.196
21.11	Übungen.	.196
<b>22</b>	<b>Anorganische Stoffchemie als Grundlage der analytischen Chemie</b>	.198
22.1	Ziel der analytischen Chemie.	.198
22.2	Einzelnachweise ausgewählter Ionen.	.199
22.2.1	Direktnachweise aus der zu untersuchenden Festsubstanz	.199
22.2.2	Einzelnachweise aus wäßriger Lösung der zu untersuchenden Substanz	.200
22.3	Lösen und Aufschließen.	.201
22.4	Gruppenfällungen.	.204
22.5	Nachweise nebeneinander vorliegender Stoffe.	.206
22.5.1	Trennung von Bromid und Iodid.	.206
22.5.2	Trennung von Kupfer und Cadmium.	.206
22.5.3	Trennung von Titan, Eisen, Aluminium und Chrom.	.207
22.6	Quantitative Bestimmung der Bestandteile von Mineralien und Legierungen.	.208
22.6.1	Calcium- und Magnesiumbestimmung in einem Dolomit.	.208
22.6.2	Kupfer-, Eisen- und Schwefelbestimmung in einem Kupferkies.	.209
22.6.3	Analysen von Bronze und Messing.	.209
22.7	Zusammenfassung.	.210
22.8	Übungen.	.211

Teil 5	Weiterführende Kapitel zu Themen der industriellen anorganischen Chemie	213
<b>23</b>	<b>Wasserchemie</b>	213
23.1	Trinkwasser	213
23.1.1	Trinkwasser aus Süßwasser	213
23.1.2	Trinkwasser aus Meerwasser	215
23.2	Abwasser	217
23.2.1	Industrieabwasser	217
23.2.2	Kommunales Abwasser	220
23.2.3	Chemischer und biochemischer Sauerstoffbedarf	221
23.3	Waschen und Waschmittel	222
23.4	Zusammenfassung	226
23.5	Übungen	227
<b>24</b>	<b>Kernchemie</b>	228
24.1	Uranspaltung und ihre Anwendung	228
24.2	Brennstoff-Gewinnung	229
24.3	Wiederaufbereitung und Entsorgung	232
24.4	Zusammenfassung	233
24.5	Übungen	233
<b>25</b>	<b>Anorganische Pigmente</b>	234
25.1	Übersicht	234
25.2	Farbpigmente	235
25.2.1	Theorie der Farbigkeit	235
25.2.2	Herstellung einiger Farbpigmente	238
25.2.2.1	Titandioxid	238
25.2.2.2	Lithopone	239
25.2.2.3	Ruß	240
25.2.2.4	Eisenoxidpigmente	240
25.2.2.5	Chrompigmente	241
25.2.2.6	Ultramarine	242
25.2.2.7	Kupferphthalocyanin	242
25.2.3	Anwendungstechnische Aspekte	243
25.3	Korrosionsschutzpigmente	245
25.4	Magnetpigmente	246
25.5	Füllstoffe	248
25.6	Zusammenfassung	249
25.7	Übungen	250
<b>26</b>	<b>Anorganische Polymere</b>	251
26.1	Silicone	251
26.1.1	Müller-Rochow-Synthese von Organochlorsilanen	251
26.1.2	Synthesen von Siliconen	254
26.1.3	Siliconöle, -kautschuke und -harze	255
26.2	Phosphazene	257
26.2.1	Synthesen	257



26.2.2	Anwendungen	259
26.3	Zusammenfassung	260
26.4	Übungen	260
<b>27</b>	<b>Werkstoffe, Baustoffe, Fasern</b>	<b>261</b>
27.1	Email	261
27.2	Keramik und Porzellan	262
27.3	Blätton und Schaumglas	263
27.4	Baustoffe	263
27.5	Anorganische Fasern	265
27.5.1	Asbestfasern	265
27.5.2	Glasfasern	266
27.5.3	Kohlenstofffasern	267
27.5.4	Metallfasern	267
27.5.5	Metalloxidfasern	268
27.5.6	Siliciumcarbidfasern	268
27.5.7	Bomitriddfasern	269
27.6	Zusammenfassung	269
27.7	Übungen	269
<b>28</b>	<b>Metallorganische Chemie</b>	<b>270</b>
28.1	Einführung	270
28.2	Metallalkyle	273
28.2.1	Lithiumalkyle	273
28.2.2	Magnesiumorganyle	275
28.2.3	Aluminiumorganyle	275
28.2.4	Organyle des Siliciums, Zinns und Bleis	277
28.3	Metallorganische Komplexe	279
28.3.1	Metallcarbonyle	279
28.3.2	Metallcarbene	280
28.3.3	Metall-Olefin-Komplexe	282
28.3.4	Metallarene und Metallocene	284
28.4	Metallorganische Katalysen	286
28.4.1	Homogene Hydrierung mit <i>Wilkinsons</i> Katalysator	287
28.4.2	$\alpha$ -Acetyl-Olefin-Oxidation	288
28.4.3	<i>Monsanto-Essigsäure</i> - Verfahren	289
28.4.4	<i>Fischer-Tropsch-Benzinsynthese</i>	290
28.4.5	Hydroformylierung	291
28.4.6	Hydrocyanierung	292
28.4.7	Pyridinsynthese	294
28.5	Zusammenfassung	295
28.6	Übungen	296